

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2022-17675

(P2022-17675A)

(43)公開日

令和4年1月26日(2022.1.26)

(51)Int. Cl.

B 2 5 J 17/00 (2006.01)

F I

B 2 5 J 17/00

Z

テーマコード(参考)

3 C 7 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 29 頁)

(21)出願番号 特願2020-120359(P2020-120359)

(22)出願日 令和2年7月14日(2020.7.14)

(71)出願人 504165591

国立大学法人岩手大学

岩手県盛岡市上田三丁目18番8号

(74)代理人 100108833

弁理士 早川 裕司

(74)代理人 100162156

弁理士 村雨 圭介

(72)発明者 ラファエル フェリン

岩手県盛岡市上田三丁目18番8号 国立  
大学法人岩手大学内

Fターム(参考) 3C707 BS19 BS20 CU05 CY25 CY26

CY27 CY36 CY37 HS27 HT04

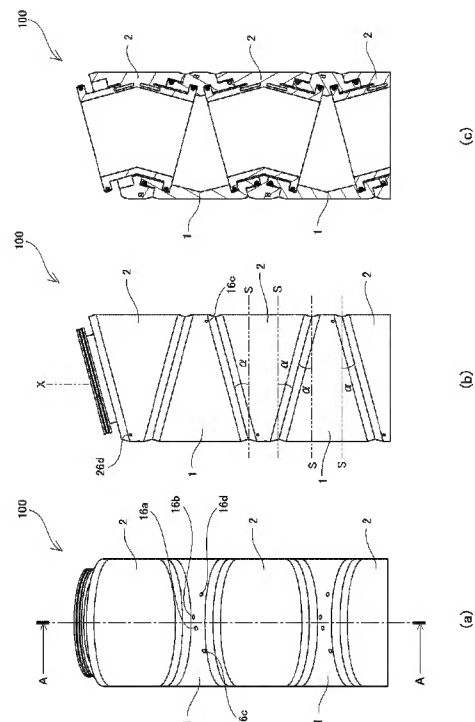
(54)【発明の名称】ロボットアーム

(57)【要約】

【課題】2つの第一アーム部が、その間に設けられた第二アーム部に対して相対的に連動回転することで、ロボットアームの曲げが達成されるので、一つのアクチュエータでアームの曲げを制御可能であり、アーム全体の軽量化を実現可能であるとともに、ヒューマノイドロボットに好適なロボットアームを提供する。

【解決手段】本発明のロボットアームは、少なくとも2つの第一アーム部と、少なくとも1つの第二アーム部と、2つの第一アーム部を連動回転させる第一関節機構とを備え、第一アーム部と第二アーム部が交互に直列に設けられており、第一関節機構は、1つの第一アーム部とこれに最も近い第一アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの第一アーム部を連結する。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

少なくとも2つの第一アーム部と、  
少なくとも1つの第二アーム部と、  
2つの前記第一アーム部を連動回転させる第一関節機構とを備え、  
前記第一アーム部と前記第二アーム部が交互に直列に設けられており、  
前記第一アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜しており、  
前記第二アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜しており、  
前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの前記第一アーム部を連結するロボットアーム。

10

## 【請求項2】

複数の第一アーム部と、  
複数の第二アーム部と、  
前記複数の第一アーム部を連動回転させる複数の第一関節機構と、  
前記複数の第二アーム部を連動回転させる複数の第二関節機構とを備え、  
前記複数の第一アーム部と前記複数の第二アーム部が交互に直列に設けられており、  
前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの前記第二アーム部を連結する請求項1に記載のロボットアーム。

20

## 【請求項3】

前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成される請求項1に記載のロボットアーム。

## 【請求項4】

前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成され、

前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成される請求項2に記載のロボットアーム。

30

## 【請求項5】

前記第一アーム部は、上端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第一上部溝と、下端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第一下部溝とを有し、

前記第二アーム部は、上端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第二上部溝と、下端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第二下部溝とを有し、

前記2本のワイヤの一方を第一ワイヤ、他方を第二ワイヤとするとき、

前記複数の第一アーム部において、

前記第一ワイヤは、1つの前記第一アーム部の前記第一上部溝を一方向に周回してから、前記1つの第一アーム部に最も近い前記第一アーム部の第一下部溝を一方向に周回するように設けられ、

40

前記第二ワイヤは、1つの前記第一アーム部の前記第一上部溝を他方向に周回してから、前記1つの第一アーム部に最も近い前記第一アーム部の第一下部溝を他方向に周回するように設けられ、

前記複数の第二アーム部において、

前記第一ワイヤは、1つの前記第二アーム部の前記第二上部溝を一方向に周回してから、前記1つの第二アーム部に最も近い前記第二アーム部の第二下部溝を一方向に周回するように設けられ、

前記第二ワイヤは、1つの前記第二アーム部の前記第二上部溝を他方向に周回してから、前記1つの第二アーム部に最も近い前記第二アーム部の第二下部溝を他方向に周回するように設けられる請求項4に記載のロボットアーム。

50

## 【請求項6】

前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤと、前記2本のワイヤそれぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリとにより構成される請求項1に記載のロボットアーム。

## 【請求項7】

前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤと、前記2本のワイヤそれぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリとにより構成され、

前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部とを互いに連結する2本のワイヤと、前記2本のワイヤそれぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリとにより構成される請求項2に記載のロボットアーム。

10

## 【請求項8】

前記第一アーム部及び第二アーム部がいずれも、軸中心に中空部を有する筒形状である請求項1から請求項7のいずれか1項に記載のロボットアーム。

## 【請求項9】

前記第一アーム部は、上記両端部に摺動面を有し、

前記第二アーム部は、上記両端部に前記第一アーム部の摺動面と回転摺動する摺動面を有する請求項1から請求項8のいずれか1項に記載のロボットアーム。

## 【請求項10】

前記第一アーム部及び第二アーム部が剛体である請求項1から請求項9のいずれか1項に記載のロボットアーム。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は回転関節を備えるロボットアームに関し、詳細には、アームを構成する複数のアーム部に適合した回転関節を備えるロボットアームに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、軸線に対して傾斜した回転軸を有する回転関節を備えるロボットアームやマニプレータが提案されている（例えば、特許文献1から特許文献3）。このようなロボットアームやマニプレータは、アームを構成する複数のアーム部材が、アームの軸線に対して傾斜した回転軸回りに回転駆動されることにより回転動作する構造であるため、回転運動の制御のみで正確な位置決めが可能であるとともに、効率的にトルクを伝達することができるという利点がある。

30

## 【0003】

上述のようなロボットアームやマニプレータは、アームを構成する複数のアーム部材それぞれについて、回転を駆動するための回転駆動モータ（アクチュエータ）が必要である。そのため、従来のロボットアームでは、構造が複雑であるとともに、アーム自体の重量が増大するので、高負荷作業が困難となるといった問題がある。また、上述のようなロボットアームやマニプレータは、産業用ロボットとしての使用を主目的としているため、ヒューマノイドロボットに適用すると、アームの曲げが実現されている間や実現された後に、隣接する2つのアーム部材の間に生じる隙間や凹凸部分に、ユーザの指が挟まったり引っ掛かったりするおそれがある。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開昭62-148182号公報

【特許文献2】特開2001-138279号公報

【特許文献3】特開2004-148449号公報

## 【発明の概要】

【 発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

本発明は上述のような事情に基づいてなされたものであり、構造が簡易でありながら、一つのアクチュエータでアームの曲げを制御可能であることで、アーム全体の軽量化を実現可能であるとともに、ヒューマノイドロボットに好適なロボットアームを提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記課題を解決するために、本発明は、少なくとも2つの第一アーム部と、少なくとも1つの第二アーム部と、2つの前記第一アーム部を連動回転させる第一関節機構とを備え、前記第一アーム部と前記第二アーム部が交互に直列に設けられており、前記第一アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜しており、前記第二アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜しており、前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの前記第一アーム部を連結するロボットアームを提供する（発明1）。

10

【 0 0 0 7 】

かかる発明（発明1）によれば、2つの第一アーム部が、その間に設けられた第二アーム部に対して相対的に連動回転することで、ロボットアームの曲げが達成されるので、一つのアクチュエータでアームの曲げを制御可能であり、アーム全体の軽量化を実現可能であるとともに、ヒューマノイドロボットに好適なロボットアームを提供することができる。

20

【 0 0 0 8 】

上記発明（発明1）においては、複数の第一アーム部と、複数の第二アーム部と、前記複数の第一アーム部を連動回転させる複数の第一関節機構と、前記複数の第二アーム部を連動回転させる複数の第二関節機構とを備え、前記複数の第一アーム部と前記複数の第二アーム部が交互に直列に設けられており、前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの前記第二アーム部を連結することが好ましい（発明2）。

30

【 0 0 0 9 】

かかる発明（発明2）によれば、ロボットアームの曲げが、複数の第一アーム部と複数の第二アーム部とによって達成されるので、ロボットアームのより複雑な動きを実現することができる。

【 0 0 1 0 】

上記発明（発明1）においては、前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成されていてもよい（発明3）。

【 0 0 1 1 】

かかる発明（発明3）によれば、第一アーム部の回転がワイヤで調整されるので、歯車で回転が調整される場合比べて、アーム全体の軽量化が実現できるとともに、コストを軽減することができる。

40

【 0 0 1 2 】

上記発明（発明2）においては、前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成され、前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成されていてもよい（発明4）。

【 0 0 1 3 】

かかる発明（発明4）によれば、第一アーム部及び第二アーム部の回転がワイヤで調整されるので、歯車で回転が調整される場合比べて、アーム全体の軽量化が実現できるとともに、コストを軽減することができる。

50

## 【 0 0 1 4 】

上記発明（発明4）においては、前記第一アーム部は、上端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第一上部溝と、下端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第一下部溝とを有し、前記第二アーム部は、上端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第二上部溝と、下端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第二下部溝とを有し、前記2本のワイヤの一方を第一ワイヤ、他方を第二ワイヤとするとき、前記複数の第一アーム部において、前記第一ワイヤは、1つの前記第一アーム部の前記第一上部溝を一方方向に周回してから、前記1つの第一アーム部に最も近い前記第一アーム部の第一下部溝を一方方向に周回するように設けられ、前記第二ワイヤは、1つの前記第一アーム部の前記第一上部溝を他方向に周回してから、前記1つの第一アーム部に最も近い前記第一アーム部の第一下部溝を他方向に周回するように設けられ、前記複数の第二アーム部において、前記第一ワイヤは、1つの前記第二アーム部の前記第二上部溝を一方方向に周回してから、前記1つの第二アーム部に最も近い前記第二アーム部の第二下部溝を一方方向に周回するように設けられ、前記第二ワイヤは、1つの前記第二アーム部の前記第二上部溝を他方向に周回してから、前記1つの第二アーム部に最も近い前記第二アーム部の第二下部溝を他方向に周回するように設けられることが好ましい（発明5）。

10

## 【 0 0 1 5 】

かかる発明（発明5）によれば、第一アーム部が一方方向に回転すると、2本のワイヤの一方が、この第一アーム部に最も近い第一アーム部を一方方向に引っ張るので、複数の第一アーム部はすべて同じ方向（一方方向）に回転することになり、第一アーム部が他方向に回転すると、2本のワイヤの他方が、この第一アーム部に最も近い第一アーム部を他方向に引っ張るので、複数の第一アーム部はすべて同じ方向（他方向）に回転することになる。同様に、第二アーム部が一方方向に回転すると、2本のワイヤの一方が、この第二アーム部に最も近い第二アーム部を一方方向に引っ張るので、複数の第二アーム部はすべて同じ方向（一方方向）に回転することになり、第二アーム部が他方向に回転すると、2本のワイヤの他方が、この第二アーム部に最も近い第二アーム部を他方向に引っ張るので、複数の第二アーム部はすべて同じ方向（他方向）に回転することになる。したがって、関節機構が上述のような構成を有することにより、第一アーム部又は第二アーム部の回転を容易に調整することができる。

20

## 【 0 0 1 6 】

上記発明（発明1）においては、前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤと、前記2本のワイヤそれぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリとにより構成されていてもよい（発明6）。

30

## 【 0 0 1 7 】

かかる発明（発明6）によれば、第一関節機構がワイヤとアイドルプーリとにより構成されるので、アーム全体の軽量化が実現できるとともに、コストを軽減することができる。

## 【 0 0 1 8 】

上記発明（発明2）においては、前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤと、前記2本のワイヤそれぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリとにより構成され、前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部とを互いに連結する2本のワイヤと、前記2本のワイヤそれぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリとにより構成されていてもよい（発明7）。

40

## 【 0 0 1 9 】

かかる発明（発明7）によれば、第一関節機構及び第二関節機構がワイヤとアイドルプーリとにより構成されるので、アーム全体の軽量化が実現できるとともに、コストを軽減することができる。

## 【 0 0 2 0 】

50

上記発明（発明１－７）においては、前記第一アーム部及び第二アーム部がいずれも、軸中心に中空部を有する筒形状であることが好ましい（発明８）。

【００２１】

かかる発明（発明８）によれば、トルクを効率的に伝達することができるため、第一アーム部及び第二アーム部の軽量化が実現でき、もって、アーム全体の重量を減少させることができる。また、アーム全体を通して連続する中空構造が形成されるので、中空内部にケーブル等の部品を通過させることができる。

【００２２】

上記発明（発明１－８）においては、前記第一アーム部は、上記両端部に摺動面を有し、前記第二アーム部は、上記両端部に前記第一アーム部の摺動面と回転摺動する摺動面を有することが好ましい（発明９）。

10

【００２３】

かかる発明（発明９）によれば、アームの表面が連続性を有するため、アームの曲げが実現されている間に外部から認識される動作は、第二アーム部に対する相対的な第一アーム部の回転摺動だけであって、第一アーム部と第二アーム部との間に隙間や凹凸部分が生じることがない。そのため、ヒューマノイドロボットに適用した場合に、ユーザの指が隙間に挟まったり引っ掛かったりするのを防ぐことができる。また、アームを表皮材や衣服で覆った場合でも、素材が隙間に挟まったり凹凸部分に引っ掛かったりするのを防ぐことができる。加えて、回転動作中であっても第一アーム部と第二アーム部との間に隙間や凹凸部分が生じず、アーム表面が連続性を有するため、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等、外部とアームとの間に堅固な障壁が必要な環境においても好適に使用することができる。

20

【００２４】

上記発明（発明１－９）においては、前記第一アーム部及び第二アーム部が剛体であることが好ましい（発明１０）。

【００２５】

かかる発明（発明１０）によれば、トルクをより効率的に伝達することができるため、第一アーム部及び第二アーム部の軽量化を実現しつつ、強度を確保することができる。また、第一アーム部及び第二アーム部が剛体であることにより、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等、外部とアームとの間に堅固な障壁が必要な環境において、特に好適に使用することができる。

30

【発明の効果】

【００２６】

本発明のロボットアームによれば、２つの第一アーム部が、その間に設けられた第二アーム部に対して相対的に連動回転することで、ロボットアームの曲げが達成されるので、一つのアクチュエータでアームの曲げを制御可能であり、アーム全体の軽量化を実現可能であるとともに、ヒューマノイドロボットに好適なロボットアームを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２７】

40

【図１】本発明の第一実施形態に係るロボットアームの直線状態を示す模式図であって、（ａ）は正面図、（ｂ）は側面図、（ｃ）は（ａ）のＡ－Ａ断面図である。

【図２】図１のロボットアームの第一アーム部の模式図であって、（ａ）は正面図、（ｂ）は側面図、（ｃ）は（ａ）のＢ－Ｂ断面図、（ｄ）は平面図である。

【図３】図１のロボットアームの第二アーム部の模式図であって、（ａ）は正面図、（ｂ）は側面図、（ｃ）は（ａ）のＣ－Ｃ断面図、（ｄ）は平面図である。

【図４】図１のロボットアームの第一アーム部について、第一関節機構のワイヤの設け方を示す模式的斜視図である。

【図５】図１のロボットアームの第二アーム部について、第二関節機構のワイヤの設け方を示す模式的斜視図である。

50

【図6】図1のロボットアームの第一アーム部の第一関節機構及び第二アーム部の第二関節機構におけるワイヤの動きを示す模式的説明図である。

【図7】図1のロボットアームの動作を示す模式的斜視図である。

【図8】本発明の第二実施形態に係るロボットアームの第一アーム部について、第一関節機構のワイヤ及びアイドルプーリの設け方を示す模式図であって、(a)は部分側面図、(b)は部分斜視図である。

【図9】本発明の第二実施形態に係るロボットアームの第二アーム部について、第二関節機構のワイヤ及びアイドルプーリの設け方を示す模式図であって、(a)は部分側面図、(b)は部分斜視図である。

【図10】本発明の第三実施形態に係るロボットアームの第一アーム部の模式的斜視図であって、(a)は第一保護カバーがない状態、(b)は第一保護カバーがある状態を示している。

10

【図11】本発明の第三実施形態に係るロボットアームの第二アーム部の模式的斜視図であって、(a)は第二保護カバーがない状態、(b)は第二保護カバーがある状態を示している。

【図12】本発明の第三実施形態に係るロボットアームの保護カバーがない状態における模式図であって、(a)は側面図、(b)は斜視図である。

【図13】本発明の第三実施形態に係るロボットアームの模式図であって、(a)は側面図、(b)は斜視図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0028】

以下、本発明のロボットアームの実施形態について、適宜図面を参照して説明する。以下に説明する実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであって、何ら本発明を限定するものではない。本実施形態では、便宜上、図1に示すように、ロボットアームが直線状態にある場合における上側を「上」、下側を「下」と呼ぶことがある。

【0029】

〔第一実施形態〕

図1は本発明の、第一実施形態に係るロボットアームの直線状態を示す模式図であって、(a)は正面図、(b)は側面図、(c)は(a)のA-A断面図である。

【0030】

30

〈ロボットアーム〉

本実施形態に係るロボットアーム100は、図1に示すように表面が連続性を有する円柱状を呈し、複数の第一アーム部1、複数の第二アーム部2、複数の第一関節機構3（図1では不図示）、複数の第二関節機構4（図1では不図示）を主に備える。複数の第一アーム部1と複数の第二アーム部2は、図1に示すように、交互に直列に配置されており、軸方向の両端部が、軸線Xに垂直な面Sに対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜している。なお、図1においては、説明を容易にするために、ロボットアーム100は、第一アーム部1を2つ、第二アーム部2を3つ備えるものとして示されており、最下方に位置する第二アーム部2は、軸線に垂直な面で1/2に切断された状態で示されている。

【0031】

40

〔第一アーム部〕

図2に示すように、本実施形態において、第一アーム部1は剛体であって、軸中心に中空部11を有する筒形状である。第一アーム部1は、軸方向の上端部12に、軸線Xに垂直な面Sに対して上方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第一摺動面121を有し、軸方向の下端部13に、軸線Xに垂直な面Sに対して下方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第二摺動面131を有する。このように、第一アーム部1の第一摺動面121と第二摺動面131は、軸線Xに垂直な面Sに対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜している。第一アーム部1の第一摺動面121、第二摺動面131は、後述する第二アーム部2の第二摺動面231、第一摺動面221とそれぞれ回転摺動する面である。

【0032】

50



また、第一アーム部1は、上端部12の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部14を有し、下端部13の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部15を有する。上端部12及び下端部13が、このような斜面部14及び15を有することにより、曲げの状態であってもロボットアーム100の表面における連続性が保たれる。

【0033】

図2(c)に示すように、第一アーム部1の上端部12には、後述する第二アーム部2の下端部23の係合部232と係合可能な環状の係合部122が形成されており、第一アーム部1の下端部13には、後述する第二アーム部2の上端部22の係合部222と係合可能な環状の係合部132が形成されている。本実施形態において、第一アーム部1の上端部12の係合部122は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部1221と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部1222とを有し、第一アーム部1の下端部13の係合部132は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部1321と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部1322とを有するが、第一アーム部1の上端部12の係合部122及び下端部13の係合部132の形状は、互いに第二アーム部2の下端部23の係合部232及び上端部22の係合部222と係合可能であればよく、これに限られるものではない。

10

【0034】

第一アーム部1において、上端部12の係合部122の凸部1221の外周面には、外向きに開口した第一上部溝1223が形成されており、下端部13の係合部132の凸部1321の外周面には、外向きに開口した第一下部溝1323が形成されている。第一アーム部1の第一上部溝1223及び第一下部溝1323の形状は、それぞれが、後述する第一関節機構3としての2本のワイヤ31(ワイヤ311及びワイヤ312)を収容可能であればよい。なお、第一上部溝1223は、第一関節機構3としてのワイヤ311及びワイヤ312をそれぞれ収容可能な2つの溝により構成されていてもよい。同様に、第一下部溝1323は、第一関節機構3としてのワイヤ311及びワイヤ312をそれぞれ収容可能な2つの溝により構成されていてもよい。

20

【0035】

図1(a)及び図5に示すように、第一アーム部1の外周面のうち、軸方向の長さが最も小さい箇所には、後述する第二関節機構4としてのワイヤ411及びワイヤ412を外側に送出可能な貫通孔16a~16dが設けられている。貫通孔16a及び16bは軸方向の上側に位置し、貫通孔16c及び16dは軸方向の下側に位置している。

30

【0036】

[第二アーム部]

図3に示すように、本実施形態において、第二アーム部2は、第一アーム部1と同様の剛体であって、軸中心に中空部21を有し、第一アーム部1と同じ外径を有する筒形状である。第二アーム部2は、軸方向の上端部22に、軸線Xに垂直な面Sに対して上方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第一摺動面221を有し、軸方向の下端部23に、軸線Xに垂直な面Sに対して下方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第二摺動面231を有する。このように、第二アーム部2の第一摺動面221と第二摺動面231は、軸線Xに垂直な面Sに対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜している。第二アーム部2の第一摺動面221、第二摺動面231は、第一アーム部1の第二摺動面131、第一摺動面121とそれぞれ回転摺動する面である。

40

【0037】

また、第二アーム部2は、上端部22の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部24を有し、下端部23の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部25を有する。上端部22及び下端部23が、このような斜面部24及び25を有することにより、曲げの状態であってもロボットアーム100の表面における連続性が保たれる。

【0038】

図3(c)に示すように、第二アーム部2の上端部22には、第一アーム部1の下端部13の係合部132と係合可能な環状の係合部222が形成されており、第二アーム部2

50



の下端部23には、第一アーム部1の上端部12の係合部122と係合可能な環状の係合部232が形成されている。本実施形態において、第二アーム部2の上端部22の係合部222は、外向きに張り出すように周設される凸部2221と、外周面と内周面との間に軸方向に周設される凹部2222とを有し、第二アーム部2の下端部23の係合部232は、外向きに張り出すように周設される凸部2321と、外周面と内周面との間に軸方向に周設される凹部2323とを有するが、第二アーム部2の上端部22の係合部222及び下端部23の係合部232の形状は、互いに第一アーム部1の下端部13の係合部132及び上端部12の係合部122と係合可能であればよく、これに限られるものではない。

【0039】

10

第二アーム部2において、上端部22の係合部222の凸部2221の外周面には、外向きに開口した第二上部溝2223が形成されており、下端部23の係合部232の凸部2321の外周面には、外向きに開口した第二下部溝2323が形成されている。第二アーム部2の第二上部溝2223及び第二下部溝2323の形状は、それぞれが、後述する第二関節機構4としての2本のワイヤ41（ワイヤ411及びワイヤ412）を収容可能であればよい。なお、第二上部溝2223は、第二関節機構4としてのワイヤ411及びワイヤ412をそれぞれ収容可能な2つの溝により構成されていてもよい。同様に、第二下部溝2323は、第二関節機構4としてのワイヤ411及びワイヤ412をそれぞれ収容可能な2つの溝により構成されていてもよい。

【0040】

20

図4に示すように、第二アーム部2の外周面のうち、軸方向の長さが最も小さい箇所には、後述する第一関節機構3としてのワイヤ311及び312を外部に送出可能な貫通孔26a～26dが設けられている。貫通孔26a及び26bは軸方向の下側に位置し、貫通孔26c及び26dは軸方向の上側に位置している。

【0041】

第一アーム部1及び第二アーム部2において、角度 $\alpha$ は、ロボットアーム100のサイズや用途等によって適宜設定することができるが、ロボットアーム100の回転動作中であっても第一アーム部1と第二アーム部2との間に隙間が生じず、ロボットアーム100の表面が連続性を有するように設定することが好ましい。なお、第一アーム部1及び第二アーム部2の角度 $\alpha$ の設定や組み合わせる個数によって、ロボットアーム100の合計回転角度（第一アーム部1及び第二アーム部2を完全に回転した場合のロボットアーム100の曲げ角度）を調整することが可能であり、90°以上の曲げを達成することも可能である。

30

【0042】

本実施形態において、第一アーム部1及び第二アーム部2は、上述のように、軸中心にそれぞれ中空部11及び21を有する筒形状の剛体である。第一アーム部1及び第二アーム部2がそれぞれ中空部11及び21を有することにより、トルクを効率的に伝達することができるため、第一アーム部1及び第二アーム部2の軽量化が実現でき、もって、ロボットアーム100全体の重量を減少させることができる。また、ロボットアーム100全体を通して連続する中空構造が形成されるので、中空内部にケーブル等の部品を通過させることができる。

40

【0043】

第一アーム部1及び第二アーム部2を構成する剛体とは、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等の外部環境がロボットアーム100の内部に影響を与えない程度の障壁となり得る剛性を有する物体をいい、金属、プラスチック、セラミックス等を採用することができる。上記剛体は、ロボットアーム100を使用する外部環境、各アーム部の自重や必要な回転トルク等に応じて選定すればよく、軽量化のために剛性のあるメッシュ材料であってもよい。

【0044】

[第一関節機構]

50

第一関節機構3は、複数の第一アーム部1を連動回転させるものである。本実施形態において、第一関節機構3は、1つの第一アーム部1とこれに最も近い第一アーム部1とを互いに連結する2本のワイヤ31により構成されている。第一関節機構3としての2本のワイヤ31は、1つの第一アーム部1とこれに最も近い第一アーム部1が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの第一アーム部1を連結している。

【0045】

図4は、第一アーム部1について、第一関節機構3としての2本のワイヤ31の設け方を示す模式的斜視図である。2本のワイヤ31の一方を第一ワイヤ311、他方を第二ワイヤ312と定義する。図4(a)は、2つの第一アーム部1の間に1つの第二アーム部2が配置された状態を示す部分斜視図である。図4(b)は、(a)の状態から便宜的に第二アーム部2を取り除いた状態を示している。図4(c)は、(b)の状態から便宜的に上方に位置する第一アーム部1を取り除いた状態を示している。図4(d)は、(c)の状態から便宜的に下方に位置する第一アーム部1を取り除いた状態を示しており、左から順に、第一ワイヤ311及び第二ワイヤ312、第一ワイヤ311、第二ワイヤ312を示している。

10

【0046】

図4に示すように、第一ワイヤ311は、1つの第一アーム部1の第一上部溝1223を一方向に周回してから、1つの第一アーム部1に最も近い第一アーム部1の第一下部溝1323を一方向に周回するように設けられている。一方、第二ワイヤ312は、1つの第一アーム部1の第一上部溝1223を他方向に周回してから、1つの第一アーム部1に最も近い第一アーム部1の第一下部溝1323を他方向に周回するように設けられている。第一ワイヤ311と第二ワイヤ312とがたすき掛けされる交差点32は、2つの第一アーム部1の間に配置される第二アーム部2の貫通孔26a~26dの位置にある。第一ワイヤ311と第二ワイヤ312とが、交差点32において、たすき掛けされることにより、1つの第一アーム部1とこれに最も近い第一アーム部1とが連結される。

20

【0047】

第一ワイヤ311及び第二ワイヤ312の設け方について、図6(c)及び(d)を用いてより具体的に説明する。図6(c)及び(d)は、1つの第一アーム部1aと、第一アーム部1aに最も近く、第一アーム部1aの上方に位置する第一アーム部1bを例として、便宜的にこれらを互いに上下方向に開いた状態を示している。便宜的に、図6(c)は、第一ワイヤ311の設け方を、図6(d)は第二ワイヤ312の設け方を表しているが、実際には、第一ワイヤ311及び第二ワイヤ312は、第一アーム部1aの第一上部溝1223と第一アーム部1bの第一下部溝1323を、共通して使用している。

30

【0048】

第一ワイヤ311は、図6(c)に示すように、第一アーム部1aに設けられた第一ワイヤ固定部1225から出て、第一アーム部1aの第一上部溝1223を一方向に周回してから、第一アーム部1bの第一下部溝1323を一方向に周回して、第一アーム部1bに設けられた第一ワイヤ固定部1325に至るように設けられている。一方、第二ワイヤ312は、図6(d)に示すように、第一アーム部1aに設けられた第二ワイヤ固定部1226から出て、第一アーム部1aの第一上部溝1223を他方向に周回してから、第一アーム部1bの第一下部溝1323を他方向に周回して、第一アーム部1bに設けられた第二ワイヤ固定部1326に至るように設けられている。このように、第一ワイヤ311と第二ワイヤ312は、図6(c)及び(d)において対称的に設けられている。

40

【0049】

なお、このとき、図4(a)に示されるように、第一ワイヤ311は、第二アーム部2の貫通孔26aから外部に一度出され、貫通孔26cから内部に再び戻される。第二ワイヤ312は、第二アーム部2の貫通孔26bから外部に一度出され、貫通孔26dから内部に再び戻される。第二アーム部2の貫通孔26a~26dを用いて、第一ワイヤ311及び第二ワイヤ312を外部に一度出してから内部に戻していることにより、第一アーム部1と第二アーム部2とが強固に連結される。

50

## 【 0 0 5 0 】

第一関節機構3を構成するワイヤ31（第一ワイヤ311、第二ワイヤ312）の動きについて、図6（c）及び（d）を参照してさらに説明する。

## 【 0 0 5 1 】

例えば、第一ワイヤ311が図6（c）の状態、すなわち、第一ワイヤ311が、第一アーム部1bの第一下部溝1323を一周回し、第一アーム部1aの第一上部溝1223を半周回している場合、第一ワイヤ311により、第一アーム部1a及び第一アーム部1bは、矢印方向に180度回転可能である。これは、第一アーム部1aが矢印方向に回転すると、第一ワイヤ311が第一アーム部1bを引っ張り、第一アーム部1bが第一アーム部1aと同じ方向（矢印方向）に回転するからである。

10

## 【 0 0 5 2 】

例えば、第二ワイヤ312が図6（d）の状態、すなわち、第二ワイヤ312が、第一アーム部1aの第一上部溝1223を一周回し、第一アーム部1bの第一下部溝1323を半周回している場合、第二ワイヤ312により、第一アーム部1a及び第一アーム部1bは、矢印方向に180度回転可能である。これは、第一アーム部1bが矢印方向に回転すると、第二ワイヤ312が第一アーム部1aを引っ張り、第一アーム部1aが第一アーム部1bと同じ方向（矢印方向）に回転するからである。

## 【 0 0 5 3 】

## [ 第二関節機構 ]

第二関節機構4は、複数の第二アーム部2を連動回転させるものである。本実施形態において、第二関節機構4は、1つの第二アーム部2とこれに最も近い第二アーム部2とを互いに連結する2本のワイヤ41により構成されている。第二関節機構4としての2本のワイヤ41は、1つの第二アーム部2とこれに最も近い第二アーム部2が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの第二アーム部2を連結している。

20

## 【 0 0 5 4 】

図5は、第二アーム部2について、第二関節機構4としての2本のワイヤ41の設け方を示す模式的斜視図である。2本のワイヤ41の一方を第一ワイヤ411、他方を第二ワイヤ412と定義する。図5（a）は、2つの第二アーム部2の間に1つの第一アーム部1が配置された状態を示す部分斜視図である。図5（a）は図1に対応しているため、最下方に位置する第二アーム部2は、軸線に垂直な面で1/2に切断された状態で示されている。図5（b）は、（a）の状態から便宜的に第一アーム部1を取り除いた状態を示している。図5（c）は、（b）の状態から便宜的に上方に位置する第二アーム部2を取り除いた状態を示している。図5（d）は、（c）の状態から便宜的に下方に位置する第二アーム部2を取り除いた状態を示しており、左から順に、第一ワイヤ411及び第二ワイヤ412、第一ワイヤ411、第二ワイヤ412を示している。

30

## 【 0 0 5 5 】

図5に示すように、第一ワイヤ411は、1つの第二アーム部2の第二上部溝2223を一方方向に周回してから、1つの第二アーム部2に最も近い第二アーム部2の第二下部溝2323を一方方向に周回するように設けられている。一方、第二ワイヤ412は、1つの第二アーム部2の第二上部溝2223を他方向に周回してから、1つの第二アーム部2に最も近い第二アーム部2の第二下部溝2323を他方向に周回するように設けられている。第一ワイヤ411と第二ワイヤ412とがたすき掛けされる交差点42は、2つの第二アーム部2の間に配置される第一アーム部1の貫通孔16a～16dの位置にある。第一ワイヤ411と第二ワイヤ412とが、交差点42において、たすき掛けされることにより、1つの第二アーム部2とこれに最も近い第二アーム部2とが連結される。

40

## 【 0 0 5 6 】

第一ワイヤ411及び第二ワイヤ412の設け方について、図6（a）及び（b）を用いてより具体的に説明する。図6（a）及び（b）は、1つの第二アーム部2aと、第二アーム部2aに最も近く、第二アーム部2aの上方に位置する第二アーム部2bを例として、便宜的にこれらを互いに上下方向に開いた状態を示している。便宜的に、図6（a）

50

は、第一ワイヤ411の設け方を、図6(b)は第二ワイヤ412の設け方を表しているが、実際には、第一ワイヤ411及び第二ワイヤ412は、第二アーム部2aの第二上部溝2223と第二アーム部2bの第二下部溝2323を、共通して使用している。

【0057】

第一ワイヤ411は、図6(a)に示すように、第二アーム部2aに設けられた第一ワイヤ固定部2225から出て、第二アーム部2aの第二上部溝2223を一方向に周回してから、第二アーム部2bの第二下部溝2323を一方向に周回して、第二アーム部2bに設けられた第一ワイヤ固定部2325に至るように設けられている。一方、第二ワイヤ412は、図6(b)に示すように、第二アーム部2aに設けられた第二ワイヤ固定部2226から出て、第二アーム部2aの第二上部溝2223を他方向に周回してから、第二アーム部2bの第二下部溝2323を他方向に周回して、第二アーム部2bに設けられた第二ワイヤ固定部2326に至るように設けられている。このように、第一ワイヤ411と第二ワイヤ412は、図6(a)及び(b)において対称的に設けられている。

10

【0058】

なお、このとき、図5(a)に示されるように、第一ワイヤ411は、第一アーム部1の貫通孔16cから外部に一度出され、貫通孔16aから内部に再び戻される。第二ワイヤ412は、第一アーム部1の貫通孔16dから外部に一度出され、貫通孔16bから内部に再び戻される。第一アーム部1の貫通孔16a～16dを用いて、第一ワイヤ411及び第二ワイヤ412を外部に一度出してから内部に戻していることにより、第一アーム部1と第二アーム部2とが強固に連結される。

20

【0059】

第二関節機構4を構成するワイヤ41(第一ワイヤ411、第二ワイヤ412)の動きについて、図6(a)及び(b)を参照してさらに説明する。

【0060】

例えば、第一ワイヤ411が図6(a)の状態、すなわち、第一ワイヤ411が、第二アーム部2aの第二上部溝2223を一周回し、第二アーム部2bの第二下部溝2323を半周回している場合、第一ワイヤ411により、第二アーム部2a及び第二アーム部2bは、矢印方向に180度回転可能である。これは、第二アーム部2bが矢印方向に回転すると、第一ワイヤ411が第二アーム部2aを引っ張り、第二アーム部2aが第二アーム部2bと同じ方向(矢印方向)に回転するからである。

30

【0061】

例えば、第二ワイヤ412が図6(b)の状態、すなわち、第二ワイヤ412が、第二アーム部2bの第二下部溝2323を一周回し、第二アーム部2aの第二上部溝2223を半周回している場合、第二ワイヤ412により、第二アーム部2a及び第二アーム部2bは、矢印方向に180度回転可能である。これは、第二アーム部2aが矢印方向に回転すると、第二ワイヤ412が第二アーム部2bを引っ張り、第二アーム部2bが第二アーム部2aと同じ方向(矢印方向)に回転するからである。

【0062】

〈ロボットアームの動作〉

図1(c)、図2(c)及び図3(c)を参照するとよく分かるように、第二アーム部2aと第二アーム部2bとを接続する第一ワイヤ411及び第二ワイヤ412は、第一アーム部1aの内側に位置している。そのため、図6(a)及び(b)は第一アーム部1aの内側からの動きを表している。同様に、図1(c)、図2(c)及び図3(c)を参照するとよく分かるように、第一アーム部1aと第一アーム部1bとを接続する第一ワイヤ311及び第二ワイヤ312は、第二アーム部2aの内側に位置している。そのため、図6(c)及び(d)は第二アーム部2aの内側からの動きを表している。

40

【0063】

例えば、図6(a)又は(b)において動きがある場合、第二アーム部2bは図6(a)又は(b)の背景、すなわち第一アーム部1aに対して回転する。そのため、これと同じ動きを第二アーム部2bの内側から見たのが図6(c)又は(d)であり、第一アーム

50

部1 a が、第二アーム部2 b と同じ角度、同じ速度で、ただし逆方向で、回転することが分かる。このようにして、図6 ( a ) 又は ( b ) における動きは、図6 ( c ) 又は ( d ) において同じ動きを生み出し、この動きはすべてのアーム部に伝播する。そのため、すべての第一アーム部1 は連動して一方向に回転し、すべての第二アーム部2 は連動して他方向に回転する。

【 0 0 6 4 】

したがって、本実施形態の第一関節機構3 によれば、2 本のワイヤ3 1 により、複数の第二アーム部2 に対して相対的に、複数の第一アーム部1 すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。同様に、本実施形態の第二関節機構4 によれば、2 本のワイヤ4 1 により、複数の第一アーム部1 に対して相対的に、複数の第二アーム部2 すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。そのため、一つのアクチュエータでロボットアーム1 0 0 の曲げを制御することができる。

10

【 0 0 6 5 】

次に、図7 を参照しつつ、上述の第一実施形態のロボットアーム1 0 0 全体の動作について具体的に説明する。なお、実際の動作に当たっては、ロボットアーム1 0 0 において、例えば、最下方に位置する第一アーム部1 又は第二アーム部2 の回転のみを1 つのアクチュエータ等によって制御すればよい。なお、図7 においては、説明を容易にするために、ロボットアーム1 0 0 は、第一アーム部1 を3 つ、第二アーム部2 を4 つ備えるものとして示されており、最下方に位置する第二アーム部2 は、軸線に垂直な面で1 / 2 に切断された状態で示されている。

20

【 0 0 6 6 】

図7 は、ロボットアーム1 0 0 において、第二アーム部2 に対して、第一アーム部1 の回転角を順次変位させた状態を示す模式的斜視図である。図7 のロボットアーム1 0 0 は、第一アーム部1 a 、1 b 及び1 c と、第二アーム部2 a 、2 b 、2 c 及び2 d とを備える。図7 においては、第二アーム部2 を基準として、第一アーム部1 の回転角を順次変位させている。

【 0 0 6 7 】

図7 ( a ) は、ロボットアーム1 0 0 の直線状態を示す斜視図である。このとき、第一アーム部1 は回転していない。

【 0 0 6 8 】

30

図7 ( b ) は、第二アーム部2 に対して相対的に、第一アーム部1 が一方向にわずかに回転した状態を示す斜視図である。このとき、第一アーム部1 a 、1 b 及び1 c は、第一関節機構3 により連動して回転している。また、第二アーム部2 a 、2 b 、2 c 及び2 d も、第二関節機構4 により連動するため、第二アーム部2 a 、2 b 、2 c 及び2 d の正面の位置が変わらないことが分かる。

【 0 0 6 9 】

図7 ( c ) は、第二アーム部2 に対して相対的に、第一アーム部1 が一方向に ( b ) よりもさらに回転した状態を示す斜視図である。

【 0 0 7 0 】

図7 ( d ) は、第二アーム部2 に対して相対的に、第一アーム部1 が一方向に ( c ) よりもさらに回転した状態を示す斜視図である。

40

【 0 0 7 1 】

図7 ( e ) は、第二アーム部2 に対して相対的に、第一アーム部1 が一方向に ( d ) よりもさらに回転し、ロボットアーム1 0 0 が1 8 0 ° の合計回転を達成した状態を示す図である。

【 0 0 7 2 】

なお、第一関節機構3 としてのワイヤ3 1 及び第二関節機構4 としてのワイヤ4 1 の材質、形状及び太さは、ロボットアーム1 0 0 のサイズや用途、第一アーム部1 及び第二アーム部2 の剛体材料に応じて適宜選択することができる。ワイヤ3 1 及びワイヤ4 1 の材質の例としては、ナイロン、フロロカーボン、ポリエステル、ポリエチレン、ザイル麻、

50

ジュート麻、マニラ麻、絹、カーボンファイバーやグラスファイバー等の特殊繊維、ゴムのような弾性材料、金属材料等が挙げられる。ワイヤ31及びワイヤ41の形状の例としては、単線状、より線状、チェーン等が挙げられる。ワイヤ31及びワイヤ41の太さは、ロボットアーム100の駆動に要する引張荷重に十分に耐えうる太さのものを適宜選定することができる。

【0073】

〔第二実施形態〕

第二実施形態に係るロボットアーム200は、第一関節機構及び第二関節機構がそれぞれ、2本のワイヤと各ワイヤの移動をガイドする2つのアイドルプーリとにより構成される以外は、第一実施形態に係るロボットアーム100と実質的に同じである。

10

【0074】

図8は、ロボットアーム200の第一アーム部5について、第一関節機構7のワイヤ71及びアイドルプーリ72の設け方を示す模式図である。図9は、ロボットアーム200の第二アーム部6について、第二関節機構8のワイヤ81及びアイドルプーリ82の設け方を示す模式図である。図8では、2つの第一アーム部5の間に配置されている第二アーム部6は省略されている。同様に、図9では、2つの第二アーム部6の間に配置されている第一アーム部5は省略されている。実際には、図8に示される第一アーム部5と図9に示される第二アーム部6は、第一実施形態に係る第一アーム部1と第二アーム部2と同様に、交互に配置されている。

【0075】

20

〈ロボットアーム〉

本実施形態に係るロボットアーム200は、第一実施形態のロボットアーム100と同様に、表面が連続性を有する円柱状を呈し、複数の第一アーム部5、複数の第二アーム部6、第一関節機構7、第二関節機構8を主に備える。複数の第一アーム部5と複数の第二アーム部6は、第一実施形態のロボットアーム100と同様に、交互に直列に配置されており、軸方向の両端部が、軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜している。ロボットアーム200の外観は、図1(a)及び(b)に示される第一実施形態のロボットアーム100の外観と実質的に同一である。

【0076】

〔第一アーム部〕

30

第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム200において、第一アーム部5は剛体であって、軸中心に中空部51を有する筒形状である。第一アーム部5は、第一実施形態のロボットアーム100と同様に、軸方向の上端部52に、軸線Xに垂直な面Sに対して上方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第一摺動面521を有し、軸方向の下端部53に、軸線Xに垂直な面Sに対して下方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第二摺動面531を有する。このように、第一アーム部5の第一摺動面521と第二摺動面531は、軸線Xに垂直な面Sに対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜している。第一アーム部5の第一摺動面521、第二摺動面531は、後述する第二アーム部6の第二摺動面631、第一摺動面621とそれぞれ回転摺動する面である。

【0077】

40

また、第一アーム部5は、上端部52の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部54を有し、下端部53の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部55を有する。上端部52及び下端部53が、このような斜面部54及び55を有することにより、曲げの状態であってもロボットアーム200の表面における連続性が保たれる。

【0078】

図8には詳細に表されていないが、第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム200の第一アーム部5の上端部52には、後述する第二アーム部6の下端部63の係合部と係合可能な環状の係合部が形成されており、第一アーム部5の下端部53には、後述する第二アーム部6の上端部62の係合部と係合可能な環状の係合部が形成されている。第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム200の第

50

一アーム部5の上端部52の係合部は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部とを有し、第一アーム部5の下端部53の係合部は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部とを有するが、第一アーム部5の上端部52の係合部及び下端部53の係合部の形状は、互いに第二アーム部6の下端部63の係合部及び上端部62の係合部と係合可能であればよく、これに限られるものではない。

【0079】

図8に示すように、本実施形態の第一アーム部5の上端部52及び下端部53の直径は、第一実施形態のロボットアーム100に比べて小さい。これは、後述する第一関節機構7としての2本のワイヤ71及び2つのアイドルプーリ72が、第一アーム部5の径内に収まるようにするためである。

【0080】

第一アーム部5において、上端部52の係合部の凸部の外周面には、外向きに開口した第一上部溝5223が形成されており、下端部53の係合部の凸部の外周面には、外向きに開口した第一下部溝5323が形成されている。第一アーム部5の第一上部溝5223及び第一下部溝5323の形状は、それぞれが、後述する第一関節機構7としての2本のワイヤ71（ワイヤ711及びワイヤ712）を収容可能であればよい。なお、第一上部溝5223は、第一関節機構7としてのワイヤ711及びワイヤ712をそれぞれ収容可能な2つの溝により構成されていてもよい。同様に、第一下部溝5323は、第一関節機構7としてのワイヤ711及びワイヤ712をそれぞれ収容可能な2つの溝により構成されていてもよい。

【0081】

[第二アーム部]

第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム200において、第二アーム部6は剛体であって、軸中心に中空部61を有する筒形状である。第二アーム部6は、第一実施形態のロボットアーム100と同様に、軸方向の上端部62に、軸線Xに垂直な面Sに対して上方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第一摺動面621を有し、軸方向の下端部63に、軸線Xに垂直な面Sに対して下方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第二摺動面631を有する。このように、第二アーム部6の第一摺動面621と第二摺動面631は、軸線Xに垂直な面Sに対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜している。第二アーム部6の第一摺動面621、第二摺動面631は、第一アーム部5の第二摺動面531、第一摺動面521とそれぞれ回転摺動する面である。

【0082】

また、第二アーム部6は、上端部62の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部64を有し、下端部63の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部65を有する。上端部62及び下端部63が、このような斜面部64及び65を有することにより、曲げの状態であってもロボットアーム200の表面における連続性が保たれる。

【0083】

図9には詳細に表されていないが、第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム200の第二アーム部6の上端部62には、第一アーム部5の下端部53の係合部と係合可能な環状の係合部が形成されており、第二アーム部6の下端部63には、第一アーム部5の上端部52の係合部と係合可能な環状の係合部が形成されている。第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム200の第二アーム部6の上端部62の係合部は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部とを有し、第二アーム部6の下端部63の係合部は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部とを有するが、第二アーム部6の上端部62の係合部及び下端部63の係合部の形状は、互いに第一アーム部5の下端部53の係合部及び上端部52の係合部と係合可能であればよく、これに限られるものではない。

【0084】

10

20

30

40

50



図9に示すように、本実施形態の第二アーム部6の上端部62及び下端部63の直径は、第一実施形態のロボットアーム100に比べて小さい。これは、後述する第二関節機構8としての2本のワイヤ81及び2つのアイドルプーリ82が、第二アーム部6の径内に収まるようにするためである。

【0085】

第二アーム部6において、上端部62の係合部の凸部の外周面には、外向きに開口した第二上部溝6223が形成されており、下端部63の係合部の凸部の外周面には、外向きに開口した第二下部溝6323が形成されている。第二アーム部6の第二上部溝6223及び第二下部溝6323の形状は、それぞれが、後述する第二関節機構8としての2本のワイヤ81（ワイヤ811及びワイヤ812）を収容可能であればよい。なお、第二上部溝6223は、第二関節機構8としてのワイヤ811及びワイヤ812をそれぞれ収容可能な2つの溝により構成されていてもよい。同様に、第二下部溝6323は、第二関節機構8としてのワイヤ811及びワイヤ812をそれぞれ収容可能な2つの溝により構成されていてもよい。

10

【0086】

第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム200の第一アーム部5及び第二アーム部6において、角度 $\alpha$ は、ロボットアーム200のサイズや用途等によって適宜設定することができるが、ロボットアーム200の回転動作中であっても第一アーム部5と第二アーム部6との間に隙間が生じず、ロボットアーム200の表面が連続性を有するように設定することが好ましい。なお、第一アーム部5及び第二アーム部6の角度 $\alpha$ の設定や組み合わせる個数によって、ロボットアーム200の合計回転角度（第一アーム部5及び第二アーム部6を完全に回転した場合のロボットアーム200の曲げ角度）を調整することが可能であり、90°以上の曲げを達成することも可能である。

20

【0087】

第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム200の第一アーム部5及び第二アーム部6は、上述のように、軸中心にそれぞれ中空部51及び61を有する筒形状の剛体である。第一アーム部5及び第二アーム部6がそれぞれ中空部51及び61を有することにより、トルクを効率的に伝達することができるため、第一アーム部5及び第二アーム部6の軽量化が実現でき、もって、ロボットアーム200全体の重量を減少させることができる。また、ロボットアーム200全体を通して連続する中空構造が形成されるので、中空内部にケーブル等の部品を通過させることができる。

30

【0088】

第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム200の第一アーム部5及び第二アーム部6を構成する剛体とは、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等の外部環境がロボットアーム200の内部に影響を与えない程度の障壁となり得る剛性を有する物体をいい、金属、プラスチック、セラミックス等を採用することができる。上記剛体は、ロボットアーム200を使用する外部環境、各アーム部の自重や必要な回転トルク等に応じて選定すればよく、軽量化のために剛性のあるメッシュ材料であってもよい。

40

【0089】

[ 第一関節機構 ]

第一関節機構7は、複数の第一アーム部5を連動回転させるものである。本実施形態において、第一関節機構7は、1つの第一アーム部5とこれに最も近い第一アーム部5とを互いに連結する2本のワイヤ71と、2本のワイヤ71それぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリ72とにより構成されている。第一関節機構7としての2本のワイヤ71及び2つのアイドルプーリ72は、1つの第一アーム部5とこれに最も近い第一アーム部5が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの第一アーム部5を連結している。

【0090】

図8は、第一アーム部5について、第一関節機構7としての2本のワイヤ71及び2つのアイドルプーリ72の設け方を示している。2本のワイヤ71の一方を第一ワイヤ71

50

1、他方を第二ワイヤ712と定義する。また、2つのアイドルプーリ72の一方を第一アイドルプーリ721、他方を第二アイドルプーリ722と定義する。図8(a)は、1つの第一アーム部5aとこれの上側に隣接する第一アーム部5bを示す部分側面図である。図8(b)は、1つの第一アーム部5aとこれの上側に隣接する第一アーム部5bを示す部分斜視図である。

【0091】

図8に示すように、第一ワイヤ711は、第一アイドルプーリ721を介して、第一アーム部5aの第一上部溝5223を一方向に周回してから、第一アーム部5bの第一下部溝5323を一方向に周回するように設けられている。一方、第二ワイヤ712は、第二アイドルプーリ722を介して、第一アーム部5aの第一上部溝5223を他方向に周回してから、第一アーム部5bの第一下部溝5323を他方向に周回するように設けられている。第一ワイヤ711と第二ワイヤ712は、第一アーム部5aと第一アーム部5bとの間に配置される第二アーム部6の軸方向の長さが最も小さい箇所に対応する箇所

10

【0092】

第一ワイヤ711及び第二ワイヤ712は、図6(c)及び(d)に示される第一実施形態に係るロボットアーム100の第一ワイヤ311及び第二ワイヤ312と同じように設けられている。より具体的には、第一ワイヤ711は、第一アーム部5aに設けられた第一ワイヤ固定部5225から出て、第一アーム部5aの第一上部溝5223を一方向に周回してから、第一アーム部5bの第一下部溝5323を一方向に周回して、第一アーム部5bに設けられた第一ワイヤ固定部5325に至るように設けられている。一方、第二ワイヤ712は、第一アーム部5aに設けられた第二ワイヤ固定部5226から出て、第一アーム部5aの第一上部溝5223を他方向に周回してから、第一アーム部5bの第一下部溝5323を他方向に周回して、第一アーム部5bに設けられた第二ワイヤ固定部5326に至るように設けられている。このように、第一ワイヤ711と第二ワイヤ712は対称的に設けられている。

20

【0093】

第一関節機構7を構成する第一ワイヤ711、第二ワイヤ712の動きは、それぞれの動きが第一アイドルプーリ721、第二アイドルプーリ722にガイドされる以外は、図6(c)及び(d)に示される第一実施形態に係るロボットアーム100の第一ワイヤ311及び第二ワイヤ312の動きと同じである。すなわち、例えば、第一アーム部5aが一方向に回転すると、第一ワイヤ711が第一アーム部5bを引っ張り、第一アーム部5bが第一アーム部5aと同じ方向に回転する。第一アーム部5bが他方向に回転すると、第一ワイヤ711が第一アーム部5aを引っ張り、第一アーム部5aが第一アーム部5bと同じ方向に回転する。例えば、第一アーム部5bが一方向に回転すると、第二ワイヤ712が第一アーム部5aを引っ張り、第一アーム部5aが第一アーム部5bと同じ方向に回転する。第一アーム部5aが他方向に回転すると、第二ワイヤ712が第一アーム部5bを引っ張り、第一アーム部5bが第一アーム部5aと同じ方向に回転する。

30

【0094】

[第二関節機構]

第二関節機構8は、複数の第二アーム部6を連動回転させるものである。本実施形態において、第二関節機構8は、1つの第二アーム部6とこれに最も近い第二アーム部6とを互いに連結する2本のワイヤ81と、2本のワイヤ81それぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリ82とにより構成されている。第二関節機構8としての2本のワイヤ81及び2つのアイドルプーリ82は、1つの第二アーム部6とこれに最も近い第二アーム部6が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの第二アーム部6を連結している。

40

【0095】

図9では、第二アーム部6について、第二関節機構8としての2本のワイヤ81及び2つのアイドルプーリ82の設け方を示している。2本のワイヤ81の一方を第一ワイヤ811、他方を第二ワイヤ812と定義する。また、2つのアイドルプーリ82の一方を第

50

ーアイドルプーリ 8 2 1、他方を第二アイドルプーリ 8 2 2 と定義する。図 9 ( a ) は、1 つの第二アーム部 6 a とこれの上側に隣接する第二アーム部 6 b を示す部分側面図である。図 9 ( b ) は、1 つの第二アーム部 6 a とこれの上側に隣接する第二アーム部 6 b を示す部分斜視図である。

【 0 0 9 6 】

図 9 に示すように、第一ワイヤ 8 1 1 は、第一アイドルプーリ 8 2 1 を介して、第二アーム部 6 a の第二上部溝 6 2 2 3 を一方向に周回してから、第二アーム部 6 b の第二下部溝 6 3 2 3 を一方向に周回するように設けられている。一方、第二ワイヤ 8 1 2 は、第二アイドルプーリ 8 2 2 を介して、1 つの第二アーム部 6 a の第二上部溝 6 2 2 3 を他方向に周回してから、第二アーム部 6 b の第二下部溝 6 3 2 3 を他方向に周回するように設けられている。第一ワイヤ 8 1 1 と第二ワイヤ 8 1 2 は、第二アーム部 6 a と第二アーム部 6 b との間に配置される第一アーム部 5 の軸方向の長さが最も小さい箇所に対応する箇所

10

【 0 0 9 7 】

第一ワイヤ 8 1 1 及び第二ワイヤ 8 1 2 は、図 6 ( a ) 及び ( b ) に示される第一実施形態に係るロボットアーム 1 0 0 の第一ワイヤ 4 1 1 及び第二ワイヤ 4 1 2 と同じように設けられている。より具体的には、第一ワイヤ 8 1 1 は、第二アーム部 6 a に設けられた第一ワイヤ固定部 6 2 2 5 から出て、第二アーム部 6 a の第二上部溝 6 2 2 3 を一方向に周回してから、第二アーム部 6 b の第二下部溝 6 3 2 3 を一方向に周回して、第二アーム部 6 b に設けられた第一ワイヤ固定部 6 3 2 5 に至るように設けられている。一方、第二ワイヤ 8 1 2 は、第二アーム部 6 a に設けられた第二ワイヤ固定部 6 2 2 6 から出て、第二アーム部 6 a の第二上部溝 6 2 2 3 を他方向に周回してから、第二アーム部 6 b の第二下部溝 6 3 2 3 を他方向に周回して、第二アーム部 6 b に設けられた第二ワイヤ固定部 6 3 2 6 に至るように設けられている。このように、第一ワイヤ 8 1 1 と第二ワイヤ 8 1 2 は対称的に設けられている。

20

【 0 0 9 8 】

第二関節機構 8 を構成する第一ワイヤ 8 1 1、第二ワイヤ 8 1 2 の動きは、それぞれの動きが第一アイドルプーリ 8 2 1、第二アイドルプーリ 8 2 2 にガイドされる以外は、図 6 ( a ) 及び ( b ) に示される第一実施形態に係るロボットアーム 1 0 0 の第一ワイヤ 4 1 1 及び第二ワイヤ 4 1 2 の動きと同じである。すなわち、例えば、第二アーム部 6 b が一方向に回転すると、第一ワイヤ 8 1 1 が第二アーム部 6 a を引っ張り、第二アーム部 6 a が第二アーム部 6 b と同じ方向に回転する。第二アーム部 6 a が他方向に回転すると、第一ワイヤ 8 1 1 が第二アーム部 6 b を引っ張り、第二アーム部 6 b が第二アーム部 6 a と同じ方向に回転する。例えば、第二アーム部 6 a が一方向に回転すると、第二ワイヤ 8 1 2 が第二アーム部 6 b を引っ張り、第二アーム部 6 b が第二アーム部 6 a と同じ方向に回転する。第二アーム部 6 b が他方向に回転すると、第二ワイヤ 8 1 2 が第二アーム部 6 a を引っ張り、第二アーム部 6 a が第二アーム部 6 b と同じ方向に回転する。

30

【 0 0 9 9 】

〈ロボットアームの動作〉

第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、第二アーム部 6 a と第二アーム部 6 b とを接続する第一ワイヤ 8 1 1 及び第一アイドルプーリ 8 2 1、第二ワイヤ 8 1 2 及び第二アイドルプーリ 8 2 2 は、第一アーム部 1 a の内側に位置している。同様に、第一アーム部 5 a と第一アーム部 5 b とを接続する第一ワイヤ 7 1 1 及び第一アイドルプーリ 7 2 1、第二ワイヤ 7 1 2 及び第二アイドルプーリ 7 2 2 は、第二アーム部 6 a の内側に位置している。

40

【 0 1 0 0 】

例えば、図 9 において動きがある場合、第二アーム部 6 b は第一アーム部 5 a に対して回転する。そのため、第一アーム部 5 a が、第二アーム部 6 b と同じ角度、同じ速度で、ただし逆方向で、回転する。このようにして、図 9 における動きは、図 8 に同じ動きを生み出し、この動きはすべてのアーム部に伝播する。そのため、すべての第一アーム部 5 は

50

連動して一方向に回転し、すべての第二アーム部6は連動して他方向に回転する。

【0101】

したがって、本実施形態の第一関節機構7によれば、2本のワイヤ71及び2つのアイドルプーリ72により、複数の第二アーム部6に対して相対的に、複数の第一アーム部5すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。同様に、本実施形態の第二関節機構8によれば、2本のワイヤ81及び2つのアイドルプーリ82により、複数の第一アーム部5に対して相対的に、複数の第二アーム部6すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。そのため、一つのアクチュエータでロボットアーム200の曲げを制御することができる。

【0102】

ロボットアーム200全体は、第一実施形態のロボットアーム100と同様に、図7に示されるように動作する。

【0103】

なお、第一関節機構7を構成するワイヤ71及び第二関節機構8を構成するワイヤ81の材質、形状及び太さは、組み合わせて用いられるアイドルプーリ72及び82のサイズや形状、ロボットアーム200のサイズや用途、第一アーム部5及び第二アーム部6の剛体材料に応じて適宜選択することができる。ワイヤ71及びワイヤ81の材質の例としては、ナイロン、フロロカーボン、ポリエステル、ポリエチレン、ザイル麻、ジュート麻、マニラ麻、絹、カーボンファイバーやグラスファイバー等の特殊繊維、ゴムのような弾性材料、金属材料等が挙げられる。ワイヤ71及びワイヤ81の形状の例としては、単線状、より線状、チェーン等が挙げられる。ワイヤ71及びワイヤ81の太さは、ロボットアーム200の駆動に要する引張荷重に十分に耐えうる太さのものを適宜選定することができる。

【0104】

また、第一関節機構7を構成するアイドルプーリ72及び第二関節機構8を構成するアイドルプーリ82の材質、形状及び大きさは、組み合わせて用いられるワイヤ71及び81の材質、形状及び太さ、ロボットアーム200のサイズや用途、第一アーム部5及び第二アーム部6の剛体材料に応じて適宜選択することができ、汎用品を用いてもよい。

【0105】

〔第三実施形態〕

第三実施形態に係るロボットアーム300は、第一関節機構及び第二関節機構がそれぞれ、複数の平歯車により構成される以外は、第一実施形態に係るロボットアーム100と実質的に同じである。

【0106】

〈ロボットアーム〉

本実施形態に係るロボットアーム300は、第一実施形態のロボットアーム100と同様に、表面が連続性を有する円柱状を呈し、図13に示すように、複数の第一アーム部91、複数の第二アーム部95、第一関節機構98（図13では不図示）、第二関節機構99（図13では不図示）を主に備える。複数の第一アーム部91と複数の第二アーム部95は、第一実施形態のロボットアーム100と同様に、交互に直列に配置されており、図13では詳細に示されていないが、軸方向の両端部が、軸線Xに垂直な面Sに対して互いに対向する方向に角度 $\alpha$ で傾斜している。図13においては、説明を容易にするために、ロボットアーム300は、第一アーム部91を3つ、第二アーム部95を4つ備えるものとして示されており、最下方に位置する第二アーム部95は、軸線に垂直な面で1/2に切断された状態で示されている。

【0107】

〔第一アーム部〕

本実施形態において、第一アーム部91は、第一本体92と第一本体92の外周に取り付けられる第一保護カバー93とを有する。第一保護カバー93は、第一本体92に連動して回転するように構成されている。図10は、第一アーム部91の模式的斜視図であっ

10

20

30

40

50

て、(a) は第一保護カバー93 がない状態、すなわち第一本体92 のみを示しており、(b) は第一保護カバー93 が取り付けられた状態を示している。

【0108】

図10(a) に示すように、本実施形態において、第一本体92 は剛体であって、軸中心に中空部921 を有する筒形状である。図10(a) では詳細に示されていないが、第一本体92 は、軸方向の上端部922 に、軸線に垂直な面に対して上方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第一上部冠歯車923 を有し、軸方向の下端部924 に、軸線に垂直な面に対して下方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第一下部冠歯車925 を有する。第一本体92 の第一上部冠歯車923、第一下部冠歯車925 は、後述する第一関節機構98 を構成する一対の第一下部平歯車981、一対の第一上部平歯車982 とそれぞれ噛み合う歯車である。

10

【0109】

図10(b) に示すように、本実施形態において、第一保護カバー93 は剛体の筒形状である。図10(b) では詳細に示されていないが、軸方向の上端部932 に、軸線に垂直な面に対して上方向に第一本体92 と同様の角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第一摺動面933 を有し、軸方向の下端部934 に、軸線に垂直な面に対して下方向に第一本体92 と同様の角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第二摺動面935 を有する。第一保護カバー93 の第一摺動面933、第二摺動面935 は、後述する第二アーム部95 の第二保護カバー97 の第二摺動面975、第一摺動面973 とそれぞれ回転摺動する面である。

【0110】

後述するように、第二アーム部95 の第二本体96 の内周面に、第一本体92 の第一上部冠歯車923、第一下部冠歯車925 とそれぞれ噛み合う一対の第一下部平歯車981、一対の第一上部平歯車982 が設けられているため、本実施形態において、第一本体92 の直径は、後述する第二アーム部95 の第二本体96 の直径よりも小さい。一方、第一保護カバー93 の直径は、後述する第二アーム部95 の第二保護カバー97 の直径と同一である。そのため、ロボットアーム300 は、図13 に示すように表面に連続性を有する。

20

【0111】

[ 第二アーム部 ]

本実施形態において、第二アーム部95 は、第二本体96 と第二本体96 の外周に取り付けられる第二保護カバー97 とを有する。第二保護カバー97 は、第二本体96 に連動して回転するように構成されている。図11(a) は、第二アーム部95 の模式的斜視図であって、(a) は第二保護カバー97 がない状態、すなわち第二本体96 のみを示しており、(b) は第二保護カバー97 が取り付けられた状態を示している。

30

【0112】

図11(a) に示すように、本実施形態において、第二本体96 は剛体であって、軸中心に中空部961 を有する筒形状である。図11(a) では詳細に示されていないが、第二本体96 は、軸方向の上端部962 に、軸線に垂直な面に対して上方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第二上部冠歯車963 を有し、軸方向の下端部964 に、軸線に垂直な面に対して下方向に角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第二下部冠歯車965 を有する。第二本体96 の第二上部冠歯車963、第二下部冠歯車965 は、後述する第二関節機構99 を構成する一対の第二下部平歯車991、一対の第二上部平歯車992 とそれぞれ噛み合う歯車である。

40

【0113】

図11(b) に示すように、本実施形態において、第二保護カバー97 は剛体の筒形状である。図11(b) では詳細に示されていないが、軸方向の上端部972 に、軸線に垂直な面に対して上方向に第二本体96 と同様の角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第一摺動面973 を有し、軸方向の下端部974 に、軸線に垂直な面に対して下方向に第二本体96 と同様の角度 $\alpha$ で傾斜する環状の第二摺動面975 を有する。第二保護カバー97 の第一摺動面973、第二摺動面975 は、第一アーム部91 の第一保護カバー93 の第二摺動面93

50

5、第一摺動面933とそれぞれ回転摺動する面である。

【0114】

後述するように、第一アーム部91の第一本体92の外周面に、第二本体96の第二上部冠歯車963、第二下部冠歯車965とそれぞれ噛み合う一対の第二下部平歯車991、一対の第二上部平歯車992が設けられているため、本実施形態において、第二本体96の直径は、第一アーム部91の第一本体92の直径よりも大きい。一方、上述したように、第二保護カバー97の直径は、第一アーム部91の第一保護カバー93の直径と同一である。

【0115】

第一実施形態のロボットアーム100と同様に、ロボットアーム300の第一アーム部91及び第二アーム部95において、角度 $\alpha$ は、ロボットアーム300のサイズや用途等によって適宜設定することができる。なお、第一アーム部91及び第二アーム部95の角度 $\alpha$ の設定や組み合わせる個数によって、ロボットアーム300の合計回転角度（第一アーム部91及び第二アーム部95を完全に回転した場合のロボットアーム300の曲げ角度）を調整することが可能であり、90°以上の曲げを達成することも可能である。

【0116】

ロボットアーム300の第一アーム部91の第一本体92及び第二アーム部95の第二本体96は、上述のように、軸中心にそれぞれ中空部921及び961を有する筒形状の剛体である。第一アーム部91及び第二アーム部95がそれぞれ中空部921及び961を有することにより、トルクを効率的に伝達することができるため、第一アーム部91及び第二アーム部95の軽量化が実現でき、もって、ロボットアーム300全体の重量を減少させることができる。また、ロボットアーム300全体を通して連続する中空構造が形成されるので、中空内部にケーブル等の部品を通過させることができる。

【0117】

ロボットアーム300の第一アーム部91の第一本体92及び第二アーム部95の第二本体96を構成する剛体とは、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等の外部環境がロボットアーム300の内部に影響を与えない程度の障壁となり得る剛性を有する物体をいい、金属、プラスチック、セラミックス等を採用することができる。上記剛体は、ロボットアーム300を使用する外部環境、各アーム部の自重や必要な回転トルク等に応じて選定すればよく、軽量化のために剛性のあるメッシュ材料であってもよい。なお、ロボットアーム300の第一アーム部91の第一保護カバー93及び第二アーム部95の第二保護カバー97を構成する剛体としても、上述のものが使用できる。

【0118】

〔第一関節機構〕

第一関節機構98は、複数の第一アーム部91を連動回転させるものである。本実施形態において、第一関節機構98は、一対の平歯車981及び一対の平歯車982により構成されている。一対の平歯車981及び一対の平歯車982は、1つの第一アーム部91の第一本体92とこれに最も近い第一アーム部91の第一本体92が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの第一本体92を連結している。

【0119】

図11に示されるように、一対の平歯車981及び一対の平歯車982は、第二アーム部95の第二本体96の内周面に設けられている。一対の平歯車981は径方向に互いに対向するように設けられている。同様に、一対の平歯車982は径方向に互いに対向するように設けられている。平歯車981と平歯車982は、軸方向に隣接して設けられている。なお、一対の平歯車981及び一対の平歯車982は、第二アーム部95の第二本体96の内周面に設けられているため、図11では、一対の平歯車981の一方及び一対の平歯車982の一方については、第二アーム部95の第二本体96の外周面に設けられるそれぞれの取り付け穴981'及び982'のみが示されている。

【0120】

図11において、平歯車981は軸方向の下方に配置されており、これを第一下部平歯

10

20

30

40

50

車 981 と定義する。図 11 において、平歯車 982 は軸方向の上方に配置されており、これを第一上部平歯車 982 と定義する。軸方向に隣接する第一下部平歯車 981 と第一上部平歯車 982 は互いに噛み合っている。第一下部平歯車 981 は第一アーム部 91 の第一上部冠歯車 923 と噛み合うようになっており、第一上部平歯車 982 は第一アーム部 91 の第一下部冠歯車 925 と噛み合うようになっている。

#### 【0121】

第一関節機構 98 を構成する一对の第一下部平歯車 981 、一对の第一上部平歯車 982 の動きについて、図 12 の第一本体 92a 、第二本体 96b 、第一本体 92b を用いて、具体的に説明する。

#### 【0122】

例えば、第一本体 92a が一方向（第一本体 92a 上の矢印方向）に回転すると、第一本体 92a の第一上部冠歯車 923 の回転を受けて、一对の第一下部平歯車 981（図 12 では不図示）が回転し、一对の第一下部平歯車 981 の回転を受けて、一对の第一上部平歯車 982（図 12 では不図示）が回転し、一对の第一上部平歯車 982 の回転を受けて、第一本体 92b の第一下部冠歯車 925 が回転することにより、第一本体 92b は第一本体 92a と同じ方向（第一本体 92b 上の矢印方向）に回転する。第一本体 92a が他方向（第一本体 92a 上の矢印とは逆方向）に回転すると、第一本体 92a の第一上部冠歯車 923 の回転を受けて、一对の第一下部平歯車 981（図 12 では不図示）が回転し、一对の第一下部平歯車 981 の回転を受けて、一对の第一上部平歯車 982（図 12 では不図示）が回転し、一对の第一上部平歯車 982 の回転を受けて、第一本体 92b の第一下部冠歯車 925 が回転することにより、第一本体 92b は第一本体 92a と同じ方向（第一本体 92b 上の矢印とは逆方向）に回転する。

#### 【0123】

#### 〔第二関節機構〕

第二関節機構 99 は、複数の第二アーム部 95 を連動回転させるものである。本実施形態において、第二関節機構 99 は、一对の平歯車 991 及び一对の平歯車 992 により構成されている。一对の平歯車 991 及び一对の平歯車 992 は、1 つの第二アーム部 95 とこれに最も近い第二アーム部 95 が同じ方向及び回転角で回転するように、2 つの第二アーム部 95 を連結している。

#### 【0124】

図 10 に示されるように、一对の平歯車 991 及び一对の平歯車 992 は、第一アーム部 91 の第一本体 92 の外周面に設けられている。一对の平歯車 991 は径方向に互に対向するように設けられている。同様に、一对の平歯車 992 は径方向に互に対向するように設けられている。平歯車 991 と平歯車 992 は、軸方向に隣接して設けられている。なお、一对の平歯車 991 及び一对の平歯車 992 は、第一アーム部 91 の第一本体 92 の外周面に設けられているため、図 10 では、一对の平歯車 991 の一方及び一对の平歯車 992 の一方については、第一アーム部 91 の第一本体 92 の内周面に設けられるそれぞれの取り付け穴 991' 及び 992' のみが示されている。

#### 【0125】

図 10 において、平歯車 991 は軸方向の下方に配置されており、これを第二下部平歯車 991 と定義する。図 10 において、平歯車 992 は軸方向の上方に配置されており、これを第二上部平歯車 992 と定義する。軸方向に隣接する第二下部平歯車 991 と第二上部平歯車 992 は互いに噛み合っている。第二下部平歯車 991 は第二アーム部 95 の第二上部冠歯車 963 と噛み合うようになっており、第二上部平歯車 992 は第二アーム部 95 の第二下部冠歯車 965 と噛み合うようになっている。

#### 【0126】

第二関節機構 99 を構成する一对の第二下部平歯車 991 、一对の第二上部平歯車 992 の動きについて、図 12 の第二本体 96b 、第一本体 92b 、第二本体 96c を用いて、具体的に説明する。

#### 【0127】

10

20

30

40

50



例えば、第二本体96bが一方向(第二本体96b上の矢印方向)に回転すると、第二本体96bの第二上部冠歯車963の回転を受けて、一对の第二下部平歯車991が回転し、一对の第二下部平歯車991の回転を受けて、一对の第二上部平歯車992が回転し、一对の第二上部平歯車992の回転を受けて、第二本体96cの第二下部冠歯車965が回転することにより、第二本体96cは第二本体96bと同じ方向(第二本体96c上の矢印方向)に回転する。第二本体96bが他方向(第二本体96b上の矢印とは逆方向)に回転すると、第二本体96bの第二上部冠歯車963の回転を受けて、一对の第二下部平歯車991が回転し、一对の第二下部平歯車991の回転を受けて、一对の第二上部平歯車992が回転し、一对の第二上部平歯車992の回転を受けて、第二本体96cの第二下部冠歯車965が回転することにより、第二本体96cは第二本体96bと同じ方向(第二本体96c上の矢印とは逆方向)に回転する。

10

【0128】

本実施形態の第一関節機構98によれば、上述のように、一对の第一下部平歯車981及び一对の第一上部平歯車982により、複数の第一本体92が順次連結されていることにより、複数の第二本体96に対して相対的に、複数の第一本体92すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。そして、第一本体92に連動して、第一保護カバー93が回転する。同様に、本実施形態の第二関節機構99によれば、上述のように、一对の第二下部平歯車991及び一对の第二上部平歯車992により、複数の第二本体96が順次連結されていることにより、複数の第一本体92に対して相対的に、複数の第二本体96すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。そして、第二本体96に連動して、第二保護カバー97が回転する。そのため、一つのアクチュエータでロボットアーム300の曲げを制御することができる。

20

【0129】

なお、本実施形態の第一関節機構98において、第一下部平歯車981及び第一上部平歯車982は、それぞれ一对が、すなわちそれぞれ2つが径方向に互いに対向するように設けられているが、これに限られるものではなく、複数の第一下部平歯車981及び複数の第一上部平歯車982がそれぞれ、径方向にバランスよく配置されていてもよい。同様に、本実施形態の第二関節機構99において、第二下部平歯車991及び第二上部平歯車992は、それぞれ一对が、すなわちそれぞれ2つが径方向に互いに対向するように設けられているが、これに限られるものではなく、複数の第二下部平歯車991及び複数の第二上部平歯車992がそれぞれ、径方向にバランスよく配置されていてもよい。

30

【0130】

第一関節機構98を構成する平歯車981及び982、並びに第二関節機構99を構成する平歯車991及び992の材質、形状及び大きさは、噛み合わせられる第一本体92の冠歯車923及び925、並びに第二本体96の冠歯車963及び965の材質、形状及び太さ、ロボットアーム300のサイズや用途に応じて適宜選択することができ、汎用品を用いてもよい。

【0131】

〈ロボットアームの動作〉

第一アーム部91の第一保護カバー93が第一本体92に連動して回転し、第二アーム部95の第二保護カバー97が第二本体96に連動して回転するため、第一保護カバー93と第二保護カバー97が互いに摺動回転する以外は、ロボットアーム300は、実質的に第一実施形態のロボットアーム100と同様に、図7に示されるように動作する。

40

【0132】

以上、本発明について図面を参照にして説明してきたが、本発明は上記実施形態に限定されず、種々の変更実施が可能である。上記実施形態では、複数の第一アーム部と、複数の第二アーム部と、複数の第一アーム部を連動回転させる複数の第一関節機構と、複数の第二アーム部を連動回転させる複数の第二関節機構とを備える構成を例に挙げて説明しているが、本発明に係るロボットアームは、少なくとも2つの第一アーム部と、少なくとも1つの第二アーム部と、2つの第一アーム部を連動回転させる第一関節機構とを備えてい

50

れば実現可能である。また、関節機構として、第一実施形態では2本のワイヤを、第二実施形態では2本のワイヤ及び2つのアイドルプーリを、第三実施形態では複数の平歯車を用いているが、関節機構は、複数の第二アーム部に対して、複数の第一アーム部が相対的に同じ方向及び回転角で回転するように、第一アーム部と第二アーム部を連結するものであれば上述のものに限られるものではない。

【産業上の利用可能性】

【0133】

本発明のロボットアームは、構造が簡易でありながら、一つのアクチュエータでアームの曲げを制御可能であり、アーム全体の軽量化を実現可能であるので、産業用ロボットだけではなく、ヒューマノイドロボットに好適に使用することができるため、その産業上の利用可能性は大きい。

10

【符号の説明】

【0134】

〔第一実施形態〕

100 ロボットアーム

1 第一アーム部

11 中空部

12 上端部

121 第一摺動面

122 係合部

1221 凸部

1222 凹部

1223 第一上部溝

1225 第一ワイヤ固定部

1226 第二ワイヤ固定部

13 下端部

131 第二摺動面

132 係合部

1321 凸部

1322 凹部

1323 第一下部溝

1325 第一ワイヤ固定部

1326 第二ワイヤ固定部

14、15 斜面部

16a～16d 貫通孔

2 第二アーム部

2 中空部

22 上端部

221 第一摺動面

222 係合部

2221 凸部

2222 凹部

2223 第二上部溝

2225 第一ワイヤ固定部

2226 第二ワイヤ固定部

23 下端部

231 第二摺動面

232 係合部

2321 凸部

2322 凹部

20

30

40

50

2 3 2 3	第二下部溝	
2 3 2 5	第一ワイヤ固定部	
2 3 2 6	第二ワイヤ固定部	
2 4、2 5	斜面部	
2 6 a ~ 2 6 d	貫通孔	
3	第一関節機構	
3 1	ワイヤ	
3 1 1	第一ワイヤ	
3 1 2	第二ワイヤ	
3 2	交差点	10
4	第二関節機構	
4 1	ワイヤ	
4 1 1	第一ワイヤ	
4 1 2	第二ワイヤ	
4 2	交差点	
[ 第二実施形態 ]		
2 0 0	ロボットアーム	
5	第一アーム部	
5 1	中空部	
5 2	上端部	20
5 2 1	第一摺動面	
5 2 2 3	第一上部溝	
5 2 2 5	第一ワイヤ固定部	
5 2 2 6	第二ワイヤ固定部	
5 3	下端部	
5 3 1	第二摺動面	
5 3 2 3	第一下部溝	
5 3 2 5	第一ワイヤ固定部	
5 3 2 6	第二ワイヤ固定部	
5 4、5 5	斜面部	30
6	第二アーム部	
6 1	中空部	
6 2	上端部	
6 2 1	第一摺動面	
6 2 2 3	第二上部溝	
6 2 2 5	第一ワイヤ固定部	
6 2 2 6	第二ワイヤ固定部	
6 3	下端部	
6 3 1	第二摺動面	
6 3 2 3	第二下部溝	40
6 3 2 5	第一ワイヤ固定部	
6 3 2 6	第二ワイヤ固定部	
6 4、6 5	斜面部	
7	第一関節機構	
7 1	ワイヤ	
7 1 1	第一ワイヤ	
7 1 2	第二ワイヤ	
7 2	アイドルプーリ	
7 2 1	第一アイドルプーリ	
7 2 2	第二アイドルプーリ	50

## 8 第二関節機構

## 8 1 ワイヤ

8 1 1 第一ワイヤ

8 1 2 第二ワイヤ

## 8 2 アイドルプーリ

8 2 1 第一アイドルプーリ

8 2 2 第二アイドルプーリ

## 〔 第三実施形態 〕

## 3 0 0 ロボットアーム

## 9 1 第一アーム部

10

## 9 2 第一本体

9 2 1 中空部

9 2 2 上端部

9 2 3 第一上部冠歯車

9 2 4 下端部

9 2 5 第一下部冠歯車

## 9 3 第一保護カバー

9 3 2 上端部

9 3 3 第一摺動面

9 3 4 下端部

20

9 3 5 第二摺動面

## 9 5 第二アーム部

## 9 6 第二本体

9 6 1 中空部

9 6 2 上端部

9 6 3 第二上部冠歯車

9 6 4 下端部

9 6 5 第二下部冠歯車

## 9 7 第二保護カバー

9 7 2 上端部

30

9 7 3 第一摺動面

9 7 4 下端部

9 7 5 第二摺動面

## 9 8 第一関節機構

9 8 1 第一下部平歯車

9 8 2 第一上部平歯車

9 8 1 ' 、 9 8 2 ' 取り付け穴

## 9 9 第二関節機構

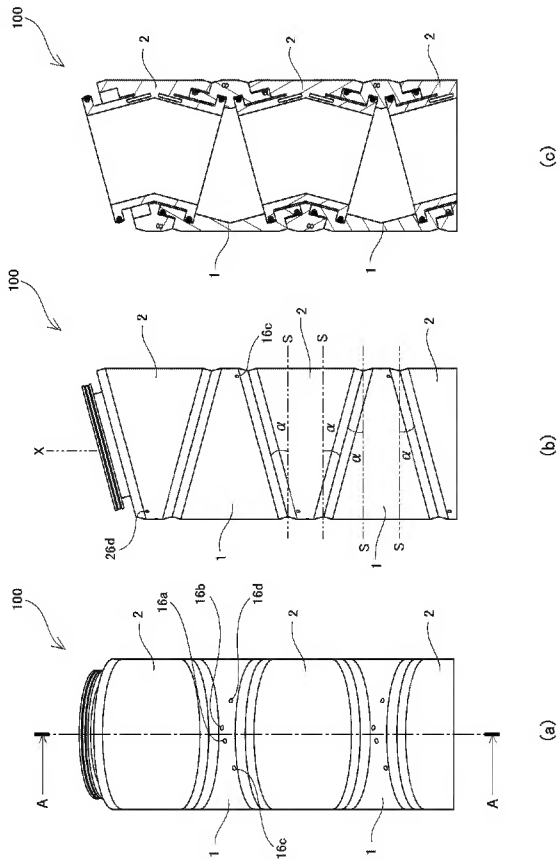
9 9 1 第二下部平歯車

9 9 2 第二上部平歯車

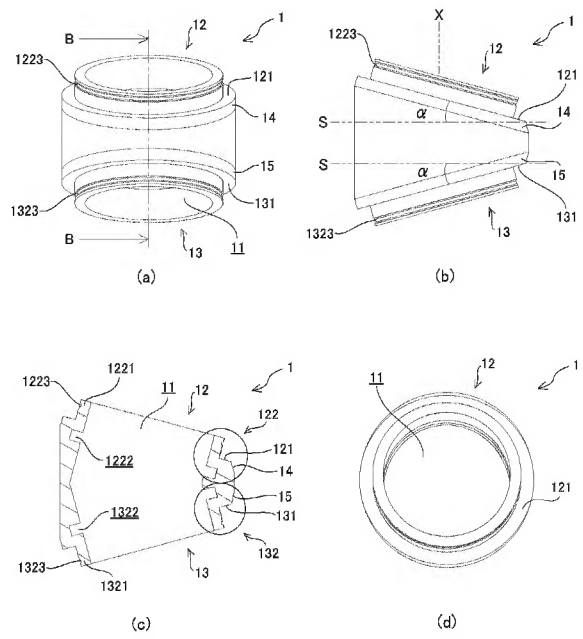
40

9 9 1 ' 、 9 9 2 ' 取り付け穴

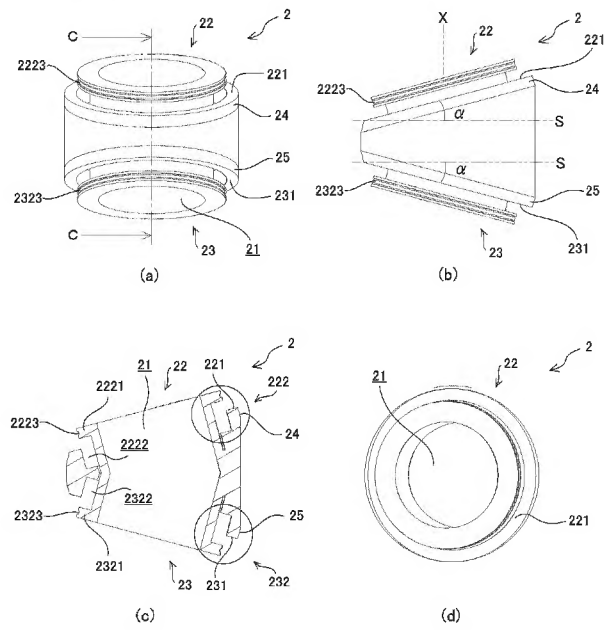
【 図 1 】



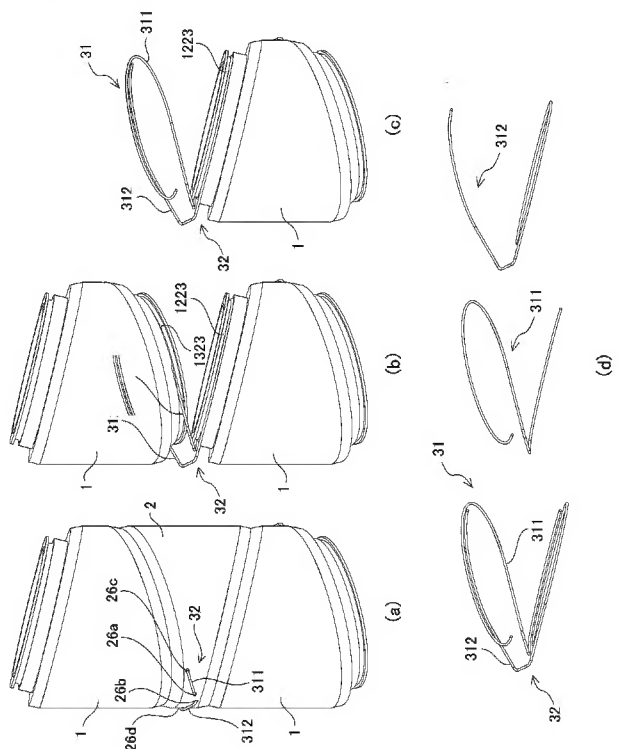
【 図 2 】



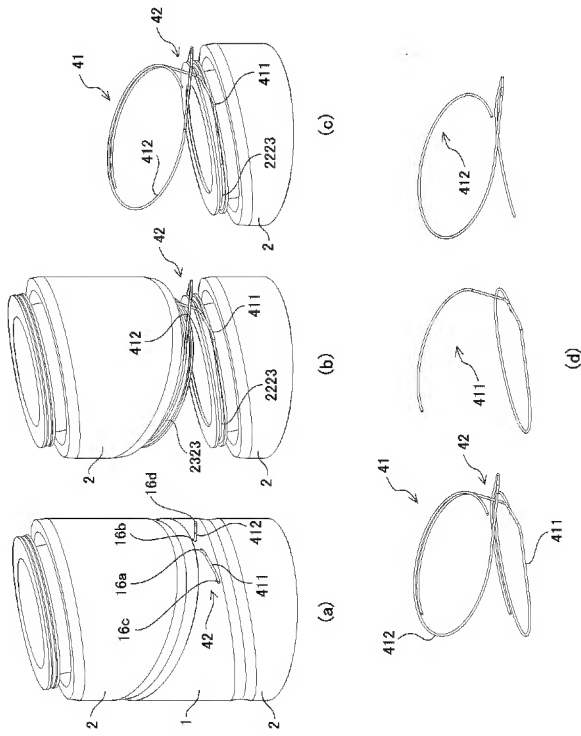
【 図 3 】



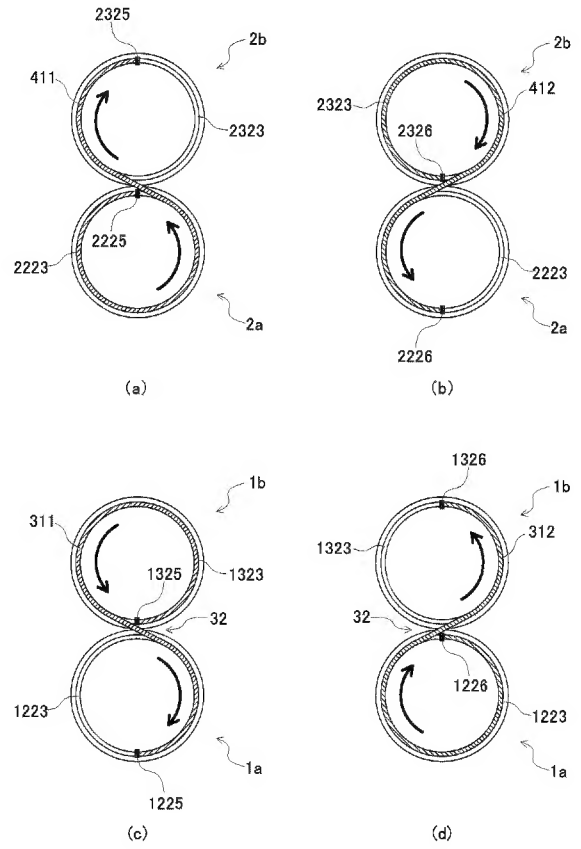
【 図 4 】



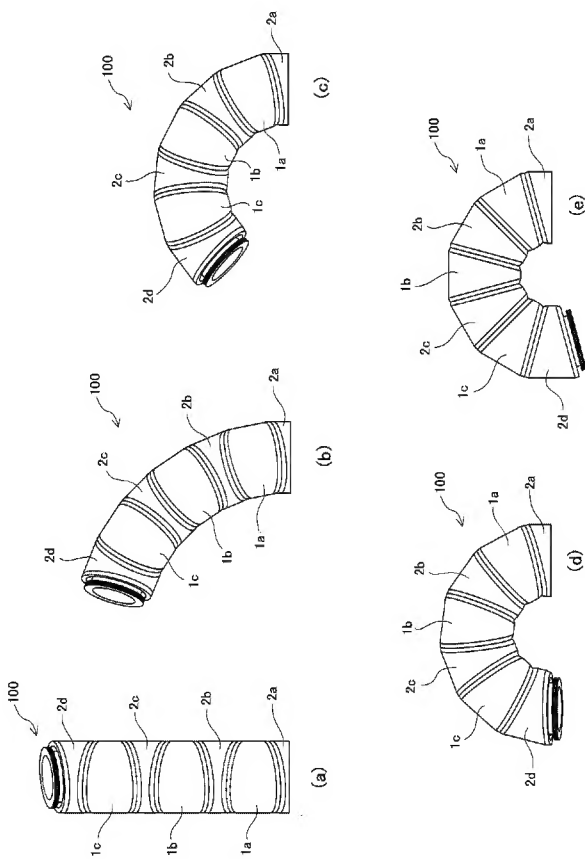
【 図 5 】



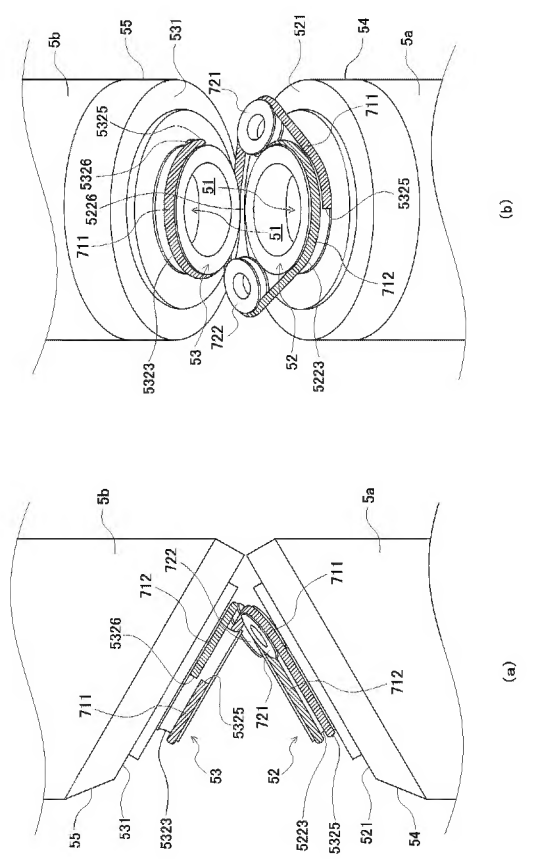
【 図 6 】



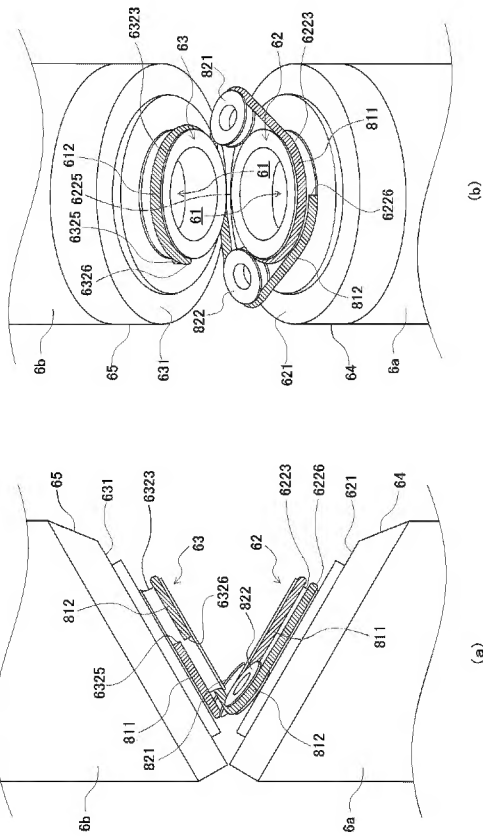
【 図 7 】



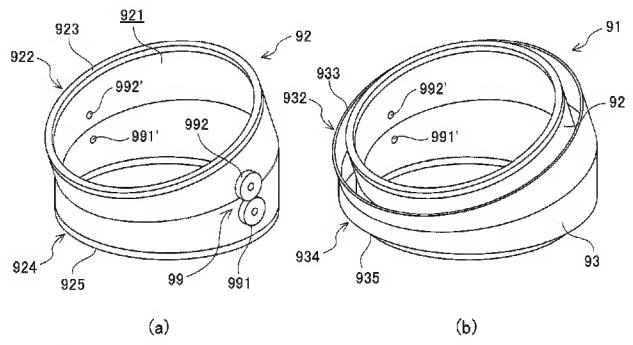
【 図 8 】



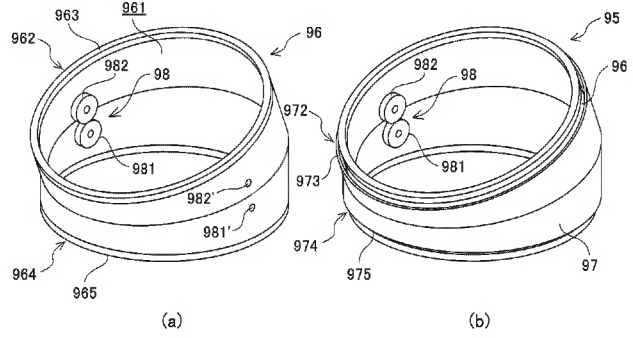
【 図 9 】



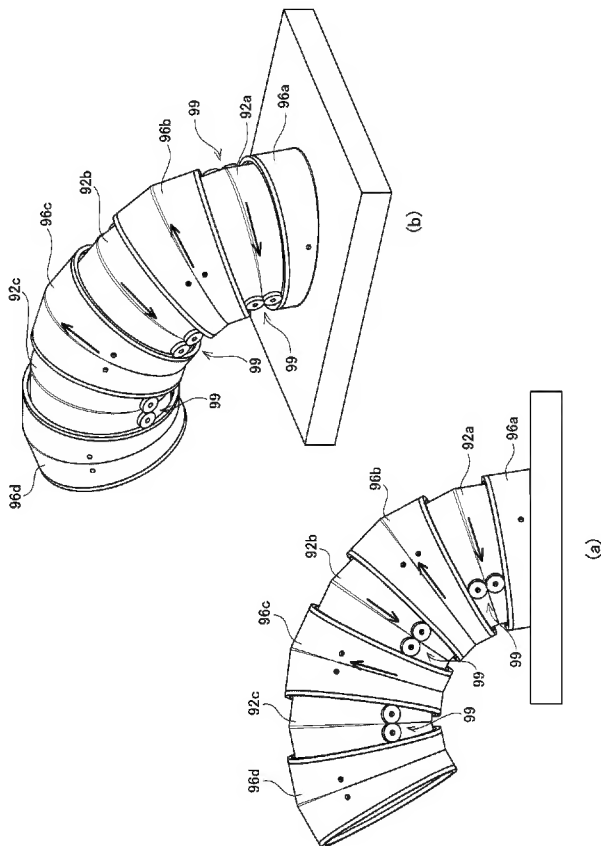
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 13 】

